不同生物处理水稻秸秆对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官发育的影响

冯文晓[1,2] 陈国顺[1*] 陶 莲[2] 刁其玉[2*]

（1.甘肃农业大学动物科学技术学院，兰州 730070；2.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081）

摘 要：本试验研究了不同生物处理水稻秸秆对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官发育的影响，旨在探索有效的生物制剂处理方法。采用单因素试验设计，选取体重为（24.00±2.42）kg 的“杜泊×小尾寒羊”杂交 F1 代公羔羊 80 只，随机分为 4 个组，分别为空白对照组（饲喂水稻秸秆饲粮）、I组（饲喂细菌、酶复合青贮制剂处理的水稻秸秆饲粮）、II组（饲喂复合酶制剂处理的水稻秸秆饲粮）、羊草对照组（饲喂羊草饲粮），每组 5 个重复，每个重复 4 只羊。预试期为 8 d，正试期为 60 d。结果表明：I组、II组和羊草对照组试验羊平均日增重和干物质采食量均显著高于空白对照组（$P<0.05$），料重比显著低于空白对照组（$P<0.05$），但I组、II组和羊草对照组之间差异不显著（$P>0.05$）。各组间试验羊屠宰率无显著差异（$P>0.05$），各组间试验羊头、蹄、皮+毛、肺脏、肾脏、网胃、瓣胃、皱胃、小肠和大肠的重量及其占宰前活重比例无显著差异（$P>0.05$），I组、II组和羊草对照组试验羊肝脏和瘤胃重量显著高于空白对照组($P<0.05$)。由此可见，细菌、酶复合青贮制剂处理水稻秸秆有显著的改善作用，肉用绵羊的生长性能、屠宰性能及器官发育接近羊草的饲喂效果。

关键词：水稻秸秆；复合酶制剂；微生态制剂；肉羊；生长性能

中图分类号：S826

我国是一个农业大国，每年产生大量农作物秸秆资源，但其处理问题一直以来困扰着我国农业的发展。长期以来，农作物秸秆被当作废弃物随意丢弃或被焚烧，不仅造成资源的浪费，也对人类的健康和安全造成严重威胁[1]。此外，我国优质牧草资源缺口很大，现有的牧草资源并不能满足畜牧业发展的需求[2]。探索一种经济、安全、高效的秸秆处理方法，将对我国农业和畜牧业的持续、稳定、快速发展具有非常重要的现实意义。当前，利用生物技术

收稿日期：2016-10-01
基金项目：公益性行业（农业）科研专项经费项目“秸秆饲料生物转化技术研究与示范”（20120304202）；国家肉羊产业技术体系（CARS-39）
作者简介：冯文晓（1990—），女，河北衡水人，硕士研究生，从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: m18501196681_1@163.com
*通信作者：陈国顺，副教授，硕士生导师，E-mail: chengs@gsau.edu.cn；刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

处理秸秆的方法以其独特的优势越来越受到人们的关注。早在 20 世纪 70 年代各国科学家就开始研究秸秆的微生物处理方法[3]。目前的主要方法有：利用秸秆生产单细胞蛋白质、利用复合酶制剂直接分解秸秆及利用细菌、复合酶制剂直接发酵秸秆等[4]。这些方法均存在操作比较复杂、生产条件要求高、饲喂效果不理想、成本费用高等问题，在实际生产中没有得到广泛应用[5]。作为我国三大作物秸秆之一的水稻秸秆，其可溶性碳水化合物含量低，结构性多糖以纤维素和半纤维素形式存在，表皮角质层和硅细胞严密，干物质消化率较低，适口性差[6]，同时，水稻秸秆存在产区地域差异，因此，对青贮水稻秸秆研究较少[7-8]。目前关于水稻秸秆的青贮研究局限于秸秆青贮发酵品质的实验室研究阶段，少有肉羊饲喂效果的研究[9-10]。因此，本试验采用细菌、酶复合青贮制剂发酵和复合酶制剂喷洒方法处理水稻秸秆，经处理的水稻秸秆作为粗饲料进行肉羊饲喂试验，以羊草饲粮为对照，测定分析肉羊生长性能、屠宰性能和器官指数，旨在探索出有效的秸秆生物处理技术，为高效、充分利用秸秆资源提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验时间和地点

本试验于 2015 年 11 月 16 日至 2016 年 1 月 24 日在河北省中宝农耕科技有限公司进行，历时 68 d，其中预试期 8 d，正试期 60 d。

1.2　试验材料

1.2.1　水稻秸秆

水稻秸秆，品种为稻花香，试验中所用全部水稻秸秆均取自吉林省吉林市，于 2014 年收获籽粒后收割，水分含量为 69.85%。

1.2.2　添加剂

复合酶制剂：由纤维素酶、木聚糖酶、β-葡聚糖酶、果胶酶、漆酶组成，粉末状，袋装。

细菌、酶复合青贮制剂：由植物乳杆菌、布氏乳杆菌、纤维素酶、木聚糖酶、β-葡聚糖酶、果胶酶、漆酶组成，粉末状，袋装。

1.2.3　粗饲料制作过程

水稻秸秆：自然风干水稻秸秆粉碎至 2~3 cm 后，直接使用。

羊草：羊草粉碎至 2~3 cm 后，直接使用。

细菌、酶复合青贮制剂处理的水稻秸秆：将水稻秸秆使用粉碎机分别粉碎至 2~3 cm 后，喷洒细菌、酶复合青贮制剂在粉碎好的水稻秸秆上，使之充分混匀，调至适宜水分为 60%~70%后将其装填进压实机中，记录秸秆重量，密封发酵 45 d 后开袋取用。

复合酶制剂处理的水稻秸秆：将复合酶制剂干粉用清水稀释成 4%（100 mL 水中添加 4 g 复合酶制剂）的溶液，喷洒于水稻秸秆（切短 2~3 cm）表面，然后与精料补充料混匀后进行直接饲喂。

1.3 试验动物与试验饲粮

1.3.1 试验动物

选择体重为（24.00±2.42） kg 的“杜泊×小尾寒羊”杂交 F1 代公羔羊 80 只为试验动物。

1.3.2 试验饲粮

试验饲粮自行配制，预混料由北京精准动物营养研究中心提供。依据本团队提出的肉羊营养需要，配制精粗比为 5:5 的全混合日粮（TMR）。饲粮组成及营养水平见表 1.

表 1 饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (DM basis) %

项目 Items	水稻秸秆饲粮 Rice straw diet	羊草饲粮 *Leymus chinensis* diet
原料 Ingredients		
水稻秸秆 Rice straw	50.0	
羊草 *Leymus chinensis*		50.0
玉米 Corn	20.5	25.0
豆粕 Soybean meal	16.0	11.5
麸皮 Bran	10.0	10.0
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.5	0.5
食盐 NaCl	0.5	0.5
石粉 Limestone	1.5	1.5
预混料 Premix[1)]	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]		
干物质 DM	90.94	91.85
代谢能 ME/(MJ/kg)	7.71	5.75
粗蛋白质 CP	13.0	12.33
粗脂肪 EE	3.54	3.89
中性洗涤纤维 NDF	56.83	58.54

酸性洗涤纤维 ADF	23.78	26.99
粗灰分 Ash	12.05	7.49
钙 Ca	0.63	0.64
总磷 TP	0.28	0.30

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 15 000 IU，VD 5 000 IU，VE 50 IU，Cu 12 mg，Fe 64 mg，Mn 50 mg，Zn 100 mg，I 0.8 mg，Se 0.4 mg，Co 0.4 mg。

2)代谢能为计算值[11]，其余为实测值。ME was a calculated value[11], while the others were measured values.

1.4 试验设计及饲养管理

本试验采用单因素试验设计，将 80 只羊随机分成 4 个组，分别为空白对照组（饲喂水稻秸秆饲粮）、I组（饲喂细菌、酶复合青贮制剂处理的水稻秸秆饲粮）、II 组（饲喂复合酶制剂处理的水稻秸秆饲粮）、羊草对照组（饲喂羊草饲粮），每组 5 个重复，每个重复 4 只羊。

试验羊预先打好耳号，进行防疫注射和驱虫处理。同时对圈舍进行定期消毒。饲养期圈舍最高温度 10 ℃，最低−10 ℃。试验羊每日分别在 08:00 和 16:00 各饲喂 1 次，试验全期自由采食和饮水。保持精粗比恒定，饲喂量根据前 1 天试验羊的进食量进行调整，确保饲槽内有 10%左右的剩料。每个重复单独圈舍饲养，每天准确称取并详细记录每圈投料量和剩料量。每隔 7 d 采集 1 次饲粮和剩料样品，测定其常规营养成分。预试期开始、正试期开始和正试期结束时晨饲前进行称重。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 生长性能

增重性能测定：称量并记录预试期、正试期和试验结束时试验羊的晨饲前空腹体重。

饲料消耗：每个重复单独圈舍饲养，以重复为单位称量并记录每天每个圈舍的采食量。

1.5.2 屠宰性能和器官指数

于试验结束时每组选取健康、接近平均体重的 5 只试验羊，共 20 只试验羊。当日 16:00 称重，禁食、禁水 16 h，次日 08:00 屠宰前再次称重，颈静脉放血屠宰。

屠宰前称取所有试验羊宰前活重（live weight before slaughter，LWBS）。去头、蹄、内

脏，剥皮后称出胴体重、头重、蹄重、皮重及内脏器官肝脏、肾脏和肺脏的重量。消化道清除内容物并冲洗干净后，分别称取瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠、大肠重量，进行记录。

主要指标计算公式如下：

胴体重（kg）=宰前活重－头、蹄、皮、尾、生殖器官及皱胃脂肪、内脏（保留肾脏和周围脂肪）的重量；

屠宰率（%）=100×胴体重/宰前活重。

1.6　数据处理分析

试验数据采用 Excel 2007 进行整理，采用 SAS 9.1 统计软件的 ANOVA 过程进行单因素方差分析，差异显著则用 Duncan 氏法进行多重比较。P<0.05 作为差异显著的判断标准。

2　结果与分析

2.1　不同生物处理水稻秸秆对试验羊生长性能的影响

由表 2 可知，各组试验羊初始体重差异不显著(P>0.05)，符合随机分组的原则。不同生物处理水稻秸秆对试验羊结束体重影响显著(P<0.05)，其中I组、II组和羊草对照组分别比空白对照组提高了 9.64%、7.93%和 10.79%(P<0.05)，I组、II组与羊草对照组之间差异不显著(P>0.05)。I组、II组和羊草对照组平均日增重显著高于空白对照组(P<0.05)，I组、II组和羊草对照组之间差异不显著(P>0.05)。料重比与之相对应，I组、II组和羊草对照组料重比显著低于空白对照组(P<0.05)，I组、II组和羊草对照组之间差异不显著(P>0.05)。I组、II组和羊草对照组干物质采食量显著高于空白对照组(P<0.05)，I组、II组和羊草对照组之间差异不显著(P>0.05)。以上结果表明，水稻秸秆经过生物制剂处理后在一定程度上改善了水稻秸秆的饲用价值，达到与羊草相同的增重效果。

表 2　不同生物处理水稻秸秆对试验羊生长性能的影响

Table 2　Effects of different biological treatments of rice straw on growth performance of experimental sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
	空白对照 Blank control	I	II	羊草对照 *Leymus chinensis* control		
初始体重 IBW/kg	24.38	24.45	25.07	24.31	0.282	0.679 7
结束体重 FBW/kg	31.13[b]	34.13[a]	33.60[a]	34.49[a]	0.432	0.021 8
平均日增重 ADG/(g/d)	112.51[b]	151.89[a]	142.06[a]	169.64[a]	5.454	0.001 1
干物质采食量 DMI/(g/d)	813.58[b]	992.65[a]	940.75[a]	1 034.83[a]	24.257	0.001 2
料重比 F/G	7.25[b]	6.59[a]	6.64[a]	6.17[a]	0.123	0.007 6

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 不同生物处理水稻秸秆对试验羊屠宰性能的影响

由表 3 可知，I组、II组和羊草对照组之间的胴体重和宰前活重差异不显著($P>0.05$)，但均显著高于空白对照组($P<0.05$)。各组间屠宰率差异不显著($P>0.05$)。

表 3 不同生物处理水稻秸秆对试验羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of different biological treatments of rice straw on slaughter performance of experimental sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
	空白对照 Blank control	I	II	羊草对照 *Leymus chinensis* control		
宰前活重 LWBS/kg	31.17[b]	35.34[a]	34.74[a]	35.65[a]	0.572	0.006 7

胴体重 Carcass weight/kg	13.48[b]	15.18[a]	15.06[a]	15.28[a]	0.294	0.079 5
屠宰率 Dressing percentage/%	43.21	43.06	43.38	43.08	0.812	0.999 1

2.3 不同生物处理水稻秸秆对试验羊组织和内脏器官发育的影响

由表 4 可知，各组间试验羊的头、蹄和皮+毛的重量及其占宰前活重比例差异不显著(P>0.05)。各组间试验羊的肾脏、肺脏的重量及其占宰前活重比例差异不显著(P>0.05)。Ⅰ组、Ⅱ组和羊草对照组试验羊肝脏和瘤胃的重量显著高于空白对照组(P<0.05)，分别高2.10%、1.91%、2.77%和 8.90%、10.62%、11.15%，但各组间肝脏和瘤胃的重量占宰前活重比例差异不显著(P>0.05)。各组间网胃、瓣胃、皱胃、小肠和大肠的重量及其占宰前活重比例差异不显著(P>0.05)。

表 4 不同生物处理水稻秸秆对试验羊组织和内脏器官发育的影响

Table 4 Effects of different biological treatments of rice straw on tissue and internal organ development of experimental sheep

项目 Items		组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value
		空白对照 Blank control	Ⅰ	Ⅱ	羊草对照 *Leymus chinensis* control		
头 Head	重量 Weight/g	2 030.00	2 188.00	2 178.76	2 228.75	32.844	0.167 8
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	6.48	5.83	5.56	6.43	0.202	0.313 8
蹄 Feet	重量 Weight/g	786	793	788	822	19.783	0.924 6
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	2.19	2.12	2.34	2.27	0.071	0.751 7
皮+毛 Skin+wool	重量 Weight/g	3150	3525	3460	3625	87.052	0.286 3
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	9.91	10.33	10.16	10.53	0.201	0.858 9
肺脏 Lung	重量 Weight/g	578.00	648.00	638.00	685.00	17.601	0.190 3
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.60	1.73	1.88	1.90	0.052	0.148 6
肾脏 Kidney	重量 Weight/g	86.00	90.00	88.00	96.00	2.902	0.680 1
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.25	0.24	0.24	0.27	0.008	0.720 9
肝脏	重量 Weight/g	513.20[b]	524.00[a]	523.00[a]	527.40[a]	1.842	0.025 3

Liver	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.51	1.46	1.40	1.46	0.019	0.219 2
瘤胃 Rumen	重量 Weight/g	651.40b	709.40a	720.60a	724.00a	9.282	0.006 5
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	2.00	2.09	2.07	2.18	0.044	0.568 1
网胃 Reticulum	重量 Weight/g	111.0	107.0	108.0	101.0	3.541	0.816 0
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.33	0.31	0.31	0.31	0.010	0.858 4
瓣胃 Omasum	重量 Weight/g	98.0	83.0	85.0	80.0	3.992	0.424 1
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.30	0.25	0.24	0.24	0.010	0.140 7
皱胃 Abomasum	重量 Weight/g	230.0	238.0	231.0	218.0	9.149	0.909 0
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.71	0.70	0.66	0.65	0.028	0.886 5
小肠 Small intestine	重量 Weight/g	597	641	664	656	10.360	0.639 5
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.76	1.84	2.02	1.985	0.062	0.419 3
大肠 Large intestine	重量 Weight/g	517.80	568.20	529.00	568.80	10.165	0.163 5
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.59	1.68	1.52	1.71	0.047	0.429 9

3 讨 论

3.1 不同生物处理水稻秸秆对试验羊生长性能的影响

3.1.1 复合酶制剂处理水稻秸秆对试验羊生长性能的影响

尹清强等[12]报道，纤维素复合酶制剂的使用可显著提高绵羊的平均日增重。Yang 等[13]研究发现，添加纤维素复合酶制剂后，与对照组相比，显著提高了羔羊的饲料转化率和平均日增重。本试验结果表明，复合酶制剂处理水稻秸秆组与空白对照组相比，显著提高了干物质采食量和平均日增重，且料重比得到明显的改善，与以上研究结果相似。其原因是复合酶制剂与底物发生作用的结果，如纤维素酶攻击纤维素的葡萄糖苷键，使秸秆细胞壁结构松散；木聚糖酶和 β-葡聚糖酶专一性降解半纤维素结构单元-木聚糖，最终产生 *D*-木糖，可被动物直接吸收利用[14]；由于果胶的水溶性，在消化道内易形成持水力很强的交联凝胶，增加肠道食糜黏度，肠道蠕动困难，以致消化酶与营养物质底物扩散速度减慢，阻碍了消化酶与底

物之间的运动和混合，从而对养分的消化吸收产生物理性障碍，果胶酶对果胶类物质的降解作用使胶质成分在结构上发生了较大的变化，胶质复合体（果胶物质、半纤维素组分以及木质素）的稳定性受到很大的破坏，当部分果胶物质被降解后，其原有的胶黏作用就大大减少，使其他非纤维素物质之间有较大空隙，增大了这些大分子的生物或化学反应性能，提高了这些大分子对其他酶类的敏感性，以利于进一步的脱胶[15]；漆酶可直接攻击木质素，对木质素进行侧链氧化和甲基化，然后木质素中的苯环被解链，并进一步降解使得其松软，表面积增大，微生物与其接触面积增大，促进纤维组分的降解[16]，从而改善了秸秆的营养成分，提高了秸秆的适口性，绵羊对纤维素类物质的表观消化率增加，即增加了碳和氮的沉积，日增重增加，从而可以提高总增重。然而，Zobell 等[17]研究表明，在英国杂种公牛的饲粮中添加外源复合酶制剂，对平均日增重、干物质采食量和饲料转化率并没有产生显著影响。Kung 等[18]研究报道，纤维素复合酶制剂对泌乳奶牛的干物质采食量也没有产生显著影响，这可能与所添加酶的类型以及酶的应用水平或动物的类型、生理阶段或饲粮结构及营养水平有关[19]。

3.1.2　细菌、酶复合青贮制剂处理水稻秸秆对试验羊生长性能的影响

本试验结果表明，将细菌、酶复合青贮制剂用于处理稻秸，可以明显提高增重，改善饲料效率，究其原因在于细菌和酶制剂发生了协同作用。单独添加乳酸菌或者复合酶制剂可在一定程度上提高青贮饲料品质，但其效果不稳定，一些添加剂处理后的青贮饲料品质依然不佳[4]。因此，有些学者把纤维素酶和乳酸菌制剂混合使用，认为添加剂混合使用后提高了饲料青贮品质。兴丽[20]进行乳酸菌与纤维素复合酶制剂对不同青贮饲料质量影响的试验研究，结果发现，乳酸菌与纤维素酶的混合添加能够显著降低水稻秸秆青贮料的 pH、氨态氮含量、乙酸含量，提高乳酸含量，同时对水稻秸秆的纤维含量起到了明显的降解作用。傅彤[21]在玉米青贮饲料中添加植物乳杆菌和复合纤维素酶后使全株玉米青贮中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量分别减少了 15.8%和 15.0%，同时增加了全株玉米青贮 24 h 瘤胃

消失率，与对照组相比差异显著。另有报道，将乳酸菌与纤维素复合酶制剂应用于意大利黑麦草[22]、无芒虎尾草[23]、大麦秸秆[24]青贮饲料中，均提高了饲料青贮发酵品质和干物质与有机物的消化率。同时还可减少青贮饲料的 NDF 和 ADF 含量[25-26]。张立涛[27]研究发现，NDF 的消化程度和降解速率会影响瘤胃食糜的体积，进而影响反刍动物的干物质采食量。本试验中，水稻秸秆添加细菌、酶复合青贮制剂，与空白对照组相比，显著提高了干物质采食量和平均日增重，并显著降低了料重比。其原因可能是：一方面，由于青贮水稻秸秆表面附着乳酸菌数量有限，仅依靠自身数量并不能青贮成功，因此通过添加乳酸菌以增加水稻秸秆表面乳酸菌数量，使乳酸菌在青贮过程中迅速成为优势菌群，促进乳酸产生，从而达到迅速降低 pH、抑制有害微生物的活动、保证和提高水稻秸秆营养价值的目的[9]；另一方面，由于水稻秸秆可发酵的水溶性碳水化合物（WSCs）含量少，纤维素复合酶制剂能够部分降解碳水化合物（纤维素、半纤维素、木质素、果胶、淀粉等）为可发酵糖[26]，进而提高了发酵底物含量并为乳酸菌发酵所利用。所以添加乳酸菌与纤维素复合酶制剂可以一举双得，在有效改善水稻秸秆青贮营养价值的同时[28]，破坏细胞壁的组织结构，降低木质素与纤维素、半纤维素的复合程度，增加秸秆的消化速率或者消化程度[29]，增加其在瘤胃中的水解活性[30]，从而提高瘤胃微生物对纤维素的降解率[31]，特别是 NDF 降解率[32]，进而达到增重的目的。然而有些报道与本研究结果不同，Keles 等[32]研究表明，在匈牙利的黑小麦与野豌豆中添加乳酸菌和纤维素复合酶制剂后，对羔羊的干物质采食量并没有产生显著影响。这可能也与菌种及其来源、使用剂量、作用底物、动物种类有关[19]。

3.2　不同生物处理水稻秸秆对试验羊屠宰性能的影响

屠宰性能是动物经济价值的直观表现，也直接反映出动物的生长性能[33]，其中以动物胴体重和屠宰率等重要指标是经济收益的主要影响因素。本试验结果表明，Ⅰ组、Ⅱ组与羊草对照组相比，宰前活重和胴体重差异不显著，表明水稻秸秆经生物处理后达到了与羊草相同的饲喂效果。而Ⅰ组、Ⅱ组均显著高于空白对照组，原因可能是水稻秸秆经生物处理后能

够提高秸秆的适口性，增加了育肥羊摄入的饲料量[13]。此外，水稻秸秆经生物处理后有利于释放细胞内容物中的营养物质，可更好地被内源酶消化，改善秸秆中其他养分的利用率，从而增加蛋白质和脂肪的沉积，因此提高了肉羊的胴体重[12]。与本试验结果相似，Kim 等[34]研究表明，在黑麦草青贮和水稻秸秆青贮中添加乳酸菌制剂对韩国肉牛的屠宰体重、屠宰率和眼肌面积等指标并没有产生显著影响。Zobell 等[17]研究表明，在饲粮中添加外源纤维素复合酶制剂对生长育肥牛胴体重、眼肌面积、背膘厚度、净肉率均无显著影响。本试验中，肉羊处于生长发育的关键时期，分配给器官生长和骨骼发育的营养物质较多，同时饲喂环境正处于寒冷的冬季，一部分营养物质被用于动物自身维持需要，其次试验羊均属于大型品种杂交肉羊，屠宰时体况刚进入体成熟阶段，随着机体发育的完全定型，进食的营养物质将主要用于脂肪的沉积，可获得更高的屠宰率。

3.3　不同生物处理水稻秸秆对试验羊组织和内脏器官发育的影响

组织和器官重量在一定程度上反映了动物机体的机能状况，对于理论研究和生产实践都具有重要意义[35]。本试验中，肉羊头、蹄、皮+毛重量及其占宰前活重比例差异不显著，表明组织器官的生长速度与机体整体生长速度同步。各组间肾脏和肺脏的重量及其占宰前活重比例差异不显著，但 I 组、II 组和羊草对照组肝脏重量显著高于空白对照组，表明水稻秸秆经生物处理对肝脏的生长发育具有促进作用。各组间肝脏重量占宰前活重比例差异不显著，说明组织器官的发育与整个机体的增长协调。对反刍动物来说，发育良好的瘤胃是其充分发挥生长性能、提高饲料转化效率的基础[12]。从本试验结果看来，各组间网胃、瓣胃、皱胃、小肠和大肠重量以及其占宰前活重比例差异不显著，表明生物制剂处理水稻秸秆对部分胃肠道发育并没有产生显著影响。I 组、II 组和羊草对照组瘤胃重量显著高于空白对照组，可能由于水稻秸秆经过生物制剂处理后增加动物对秸秆的消化速率或者消化程度，从而刺激了瘤胃肌肉的发育[28]，但其重量占宰前活重比例各组间差异不显著，表明瘤胃发育与整个机体相协调。水稻秸秆经生物处理后，有利于部分组织和内脏器官的发育，与羊草组相比，效果

相同。

4 结 论

水稻秸秆中添加细菌、酶复合青贮制剂进行青贮发酵处理，可提高肉用绵羊的生长性能、屠宰性能及器官发育，接近羊草的饲喂效果。

参考文献：

[1] 王亚静,毕于运,高春雨.中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J].中国农业科学,2010,43(9):1852–1859.

[2] 梁榕旺.玉米秸秆青贮/稻草对肉山羊生产性能、肉品质及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2010.

[3] SINDHU R,BINOD P,PANDEY A.Biological pretreatment of lignocellulosic biomass-an overview[J].Bioresource Technology,2016,199:76–82.

[4] 王伟民.不同精粗比玉米青贮和水稻秸青贮饲喂奶牛效果比较研究[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2008.

[5] 王兴刚.添加乳酸菌与复合酶制剂对稻秸青贮品质的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2013.

[6] 文奇男.不同添加剂对水稻秸青贮品质及奶牛生产性能的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2011.

[7] 李富国.青贮水稻秸发酵品质及其饲喂肉牛效果的研究[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2013.

[8] GAO L J,YANG H Y,WANG X F,et al.Rice straw fermentation using lactic acid bacteria[J].Bioresource Technology,2008,99(8):2742–2748.

[9] OZDUVEN M L,ONAL Z K,KOC F.The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the

fermentation,aerobic stability and *in vitro* dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages[J].Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi,2010,16(5):751–756.

[10] MENDOZA G D,LOERA-CORRAL O,PLATA-PÉREZ F X,et al.Considerations on the use of exogenous fibrolytic enzymes to improve forage utilization[J].The Scientific World Journal,2014,2014:247437.

[11] 刘洁,刁其玉,赵一广,等.肉用绵羊饲料养分消化率和有效能预测模型的研究[J].畜牧兽医学报,2012,43(8):1230–1238.

[12] 尹清强,陈树兴.纤维素复合酶制剂对绵羊瘤胃内蛋白酶、CMC 酶活及挥发性脂肪酸产量的影响[J].草与畜杂志,1998(2):9–10.

[13] YANG W Z,BEAUCHEMIN K A,RODE L M.Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1999,82(2):391–403.

[14] 方微,单玉萍,李峰,等.木聚糖酶的作用机理及其在饲料中的应用[J].中国饲料,2011(21):21–24.

[15] 郑科,刘正初,段盛文,等.果胶酶在麻类脱胶中的应用及其作用机理[J].生物技术进展,2012,2(6):404–410.

[16] 李海红,郭雅妮,同帜.玉米秸秆的生物降解效果研究[J].西安工程大学学报,2010,24(3):294–297.

[17] ZOBELL D R,WIEDMEIER R D,OLSON K C,et al.The effect of an exogenous enzyme treatment on production and carcass characteristics of growing and finishing steers[J].Animal Feed Science and Technology,2000,87(3/4):279–285.

[18] KUNG L,Jr,TREACHER R J,NAUMAN G A,et al.The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows[J].Journal of

Dairy Science,2000,83(1):115–122.

[19] 张宝成.饲用纤维素复合酶在绵羊饲养中的作用效果及作用机理研究[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2004.

[20] 兴丽.乳酸菌与纤维素复合酶制剂对不同青贮饲料质量影响的试验研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2005.

[21] 傅彤.微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2005.

[22] ISLAM M,ENISHI O,PURNOMOADI A,et al.Energy and protein utilization by goats fed Italian ryegrass silage treated with molasses,urea,cellulase or cellulase+lactic acid bacteria[J].Small Ruminant Research,2001,42(1):49–60.

[23] RIDLA M,UCHIDA S.Effects of cellulase and brewers' grains addition on the fermentation quality and nutritive value of barley straw silage[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,1997,10(6):575–580.

[24] RIDLA M,UCHIDA S.Comparative study on the effects of combined treatments of lactic acid bacteria and cellulases on the fermentation characteristic and chemical composition of Rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silages[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,1999,12(4):525–530.

[25] OZDUVEN M L,KOC F,POLAT C,et al.The Effects of lactic acid bacteria and enzyme mixture inoculants on fermentation and nutrient digestibility of sunflower silage[J].Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi,2009,15(2):195–199.

[26] FİLYA İ.The effects of lactic acid bacteria and lactic acid bacteria + enzyme mixture silage inoculants on maize silage[J].Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences,2002,26(3) 679–687.

[27] 张立涛.25~50 kg 杜寒杂交 F1 代肉用绵羊日粮 NDF 适宜水平的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[28] KRUEGER N A,ADESOGAN A T,STAPLES C R,et al.Effect of method of applying fibrolytic enzymes or ammonia to *Bermuda* grass hay on feed intake,digestion,and growth of beef steers[J].Journal of Animal Science,2008,86(4):882–889.

[29] ADESOGAN A T.Improving forage quality and animal performance with fibrolytic enzymes[C]//Florida Ruminant Nutrition Symposium.Gainesville:University of Florida,2005:91–109.

[30] HRISTOV A N,MCALLISTER T A,CHENG K J.Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes:effects on nutrient digestion in cattle fed a barley grain diet[J].Journal of Animal Science,2000,78(2):477–487.

[31] GADO H M,SALEM A Z M,ODONGO N E,et al.Influence of exogenous enzymes ensiled with orange pulp on digestion and growth performance in lambs[J].Animal Feed Science and Technology,2011,165(1/2):131–136.

[32] KELES G,DEMIRCI U.The effect of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria on conservation characteristics of baled triticale–Hungarian vetch silage and lamb performance[J].Animal Feed Science and Technology,2011,164(1/2):21–28.

[33] 吕文龙,刁其玉,闫贵龙.布氏乳杆菌对青玉米秸青贮发酵品质和有氧稳定性的影响[J].草业学报,2011,20(3):143–148.

[34] KIM W H,KANG S N,ARASU M V,et al.Profile of Hanwoo steer carcass characteristics,meat quality and fatty acid composition after feeding Italian ryegrass silage[J].Korean Journal for Food Science of Animal Resources,2015,35(3):299–306.

[35] 刘瑞玲,苏希孟.复合酶制剂-秸秆分解剂的应用研究[J].畜牧兽医杂志,2012,31(1):12–14.

Effects of Different Biological Treatments of Rice Straw on Growth Performance, Slaughter Performance and Organ Development of Mutton Sheep

FENG Wenxiao[1,2] CHEN Guoshun[1*] TAO lian[2] DIAO Qiyu[2*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Gansu Agricultural University*, *Lanzhou* 730070, *China*; 2. *Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture*, *Beijing* 100081, *China*)

Abstract: In order to find the way to effectively utilize biological enzymes, the effects of different biological treatments of rice straw on growth performance, slaughter performance and organ development of mutton sheep were investigated in this experiment. Eighty "Dorper×small-tailed Han" F1 crossbred male lambs with the initial weight of (24.00±2.42) kg were randomly divided into four groups with five replicates in each group and four lambs per replicate. Lambs in blank control group were fed a rice straw diet, lambs in group I were fed the rice straw diet which treated with bacterial and enzyme compound silage preparation, lambs in group Ⅱ were fed the rice straw diet which treated with compound enzyme preparation, and lambs in *Leymus chinensis* group wwere fed a *Leymus chinensis* diet. There was a adaptation period of 8 days followed by an experimental period of 60 days. The results showed as follows: the average daily gain and dry matter intake of sheep in group I, group Ⅱ and *Leymus chinensis* group were significantly higher than those in blank control group (P<0.05), and the ratio of feed to gain was significantly lower than that in blank control group (P<0.05), but those in group I, group Ⅱ and *Leymus chinensis* group were not significantly different (P>0.05). There was no significant difference in dressing percentage of sheep among all groups (P>0.05). The weight of head, feet, skin+wool, lungs, kidneys, reticulum, omasum, abomasum, small intestine and large intestine and their weight

percentage of live weight before slaughter of sheep had no significant difference among all groups ($P>0.05$), the liver and rumen weights of sheep in group Ⅰ, group Ⅱ and *Leymus chinensis* group was significantly higher than those in blank control group ($P<0.05$). In conclusion, the rice straw is improved by bacterial and enzyme compound silage preparation, and the growth performance, slaughter performance and organ development of mutton sheep are close to the feeding effect of *Leymus chinensis*.

Key words: rice straw; compound enzyme preparation; micro ecological preparation; mutton sheep; growth performance[2]

*Corresponding authors: CHEN Guoshun, associate professor, E-mail: chengs@gsau.edu.cn; DIAO Qiyu, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn （责任编辑　武海龙）